

Le calorimètre bleu reçoit une certaine  $Q$  qui n'est pas négligeable pour tenir compte on imagine une masse d'eau  $\mu$  qui reçoit le même quantité de chaleur que le calorimètre bleu on l'appelle masse en eau du calorimètre

$$\mu = (0.15(84-52) - 0.12(52-19)) / (52-19) = 0.025 \text{ kg}$$

$$\mu = 25 \text{ g}$$

### 1.1. OBJECTIFS EXPERIMENTAUX:

Mélange d'eaux froides et grenaille de cuivre, de plomb ou de aluminium et mesure de la température du mélange

Détermination de la chaleur massique du cuivre, du plomb et du aluminium

### 1.2. RAPPEL THEORIQUE :

#### CHALEURS MASSIQUES OU CAPACITÉS THERMIQUES MASSIQUES

#### 2.1. CHALEUR MASSIQUE:

La chaleur massique d'un corps est égale à la quantité de chaleur qu'il faut fournir (ou à prendre) pour élever de  $1^\circ\text{C}$  la température de l'unité de masse de ce corps. Dans le Système international d'unités, elle se mesure en  $\text{J.kg}^{-1}.\text{C}^{-1}$ , mais on l'exprime souvent en  $\text{J.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$  ou en  $\text{Cal.g}^{-1}.\text{C}^{-1}$ , où le symbole Cal représente la calorie, qui correspond environ à  $4,18 \text{ J}$ . On constate donc, d'après cette définition, que la capacité calorifique d'un système n'est autre que sa chaleur massique multipliée par sa masse

On appelle aussi chaleur massique d'un corps la quantité de chaleur nécessaire pour élever de  $1^\circ\text{C}$  la température de 1 unité de masse de ce corps. La chaleur massique est donc égale à la capacité calorifique par unité de masse. Si l'apport de chaleur se produit à volume constant où à pression constante, on précise alors s'il s'agit de la chaleur massique à volume constant où à pression constante. Cependant, dans le cas de substances pratiquement incompressibles telles que l'eau, il n'est pas nécessaire de distinguer ces différentes chaleurs spécifiques car

elles sont sensiblement égales. Par ailleurs, la chaleur spécifique d'un corps à volume constant ou à pression constant dépend de la température.

La calorimétrie permet de déterminer la chaleur massique ou la chaleur latente d'un corps (voir chaleur). La calorimétrie est surtout utilisée par les chimistes pour mesurer la chaleur dégagée ou absorbée lors des réactions chimiques. Ces mesures sont fondamentales pour la thermochimie et la prévision des équilibres chimiques. Le joule par kilogramme kelvin (J/kg.K) est l'unité de mesure de la chaleur massique d'un corps homogène.

## 2.2. Capacité thermique massique des solides et des liquides

Les coefficients de dilatation des corps solides et liquides sont généralement suffisamment faibles pour négliger la différence entre  $C_p$  et  $C_v$  pour la plupart des applications.

Suivant la théorie de Debye, la capacité thermique molaire d'un corps simple solide peut être déterminée au moyen de la formule :

## 2.3. Mesure de la capacité thermique massique d'un solide

La capacité thermique massique d'un solide peut être mesurée en utilisant un appareil de type DSC (*Differential Scanning Calorimetry*). Elle peut se définir de la façon suivante : quand un système passe de la température  $T$  à une température  $T+dT$ , la variation d'énergie interne du système  $dU$  est liée à la quantité de chaleur échangée  $dQ$  selon :

Avec  $p_e$  la pression extérieure à laquelle est soumise le système et  $dV$  la variation de volume. Si la transformation est isobare (à pression constante), on obtient en utilisant la fonction enthalpie du système la relation :

Avec  $C_p$  la capacité à pression constante. La mesure consiste donc à mesurer la différence de température créée par un échange thermique donné, ou le flux d'énergie se traduit par une différence de température.

Le schéma suivant illustre la technique instrumentale utilisée dans le cas de la première méthode (mesure de la différence de température).

### Notes

On rencontre parfois le terme *spécifique*, dans le même sens que *massique*. C'est un calque de l'anglais *specific heat* désignant le terme français *chaleur massique*

## 2.4. NOTIONS DE BASE :

La quantité de chaleur  $Q$  absorbée ou cédée lors du chauffage ou refroidissement

D'un corps est proportionnelle au chargement de température  $\Theta$  et la masse  $M$  du corps:

$$\Delta Q = C.M.\Delta\Theta \quad (1)$$

Le coefficient de proportionnalité  $C$ , la chaleur massique du corps, est une grandeur qui dépend du matériau.

Pour déterminer la chaleur massique du corps on pèse au cours de l'expérience différent matières sous forme de grenaille, on les chauffe avec de vapeur d'eau pour les porter à la température  $\Theta_1$  puis on les jette dans une quantité d'eau pesée de la température  $\Theta_2$ , après une agitation minutieuse, la grenaille et l'eau atteignent la même température  $\Theta_M$  par échange de chaleur. la quantité de chaleur cédée par la grenaille

$$\Delta Q_1 = c_1.m_1.(\Theta_1 - \Theta_M) \quad (2)$$

$M_1$  : masse de grenaille  $C_1$  : chaleur massique de la grenaille

Est égal à la quantité de chaleur absorbée par l'eau

$$\Delta Q_2 = c_2.m_2.(\Theta_M - \Theta_2) \quad (3)$$

$M_2$  : masse de l'eau

la chaleur massique de l'eau  $c_2$  est supposée connue. la température correspondant à la température de la vapeur d'eau. C'est ainsi qu'on peut donc calculer la grandeur recherchée  $C$  d'après les grandeurs mesurées  $\Theta_2$ ,  $\Theta_M$ ,  $M_1$  ET  $M_2$

$$C_1 = C_2.M_2.(\Theta_M - \Theta_2) / M_1.(\Theta_1 - \Theta_M) \quad (4)$$

Le vase calorimétrique absorbe lui aussi une partie de la chaleur cédée par la grenaille. La capacité thermique

$$C_K = C_2.M_K \quad (5)$$

Où l'équilibre en eau  $m$  du vase calorimétrique doit donc aussi être pris en compte.

La quantité de chaleur absorbée, calculée dans l'équation (3), est ainsi plus exactement :

$$\Delta Q_2 = C_2(M_2 + M_K).(\Theta_M - \Theta_2) \quad (6)$$

et l'équation (4) devient

$$C_1 = C_2 \cdot (M_2 + M_K) (\Theta_M - \Theta_2) / M_1 \cdot (\Theta_1 - \Theta_M) \quad (7)$$

### DES EXEMPLE:

Chaleur massique de diverses substances :

CHALEUR MASSIQUE (A 25°C )					
COMPOSE	J/g.°C	Cal/g.°C	COMPOSE	J/g.°C	Cal/g.°C
Air	1.01	0.24	Or	0.13	0.03
Aluminium	0.9	0.22	Granite	0.80	0.19
Ethanol	2.45	0.59	Fer	0.45	0.11
Huile d'olive	2.00	0.47	Acier inoxydable	0.51	0.12
Argent	0.24	0.06	Eau	4.18	1.00

### 3. MANIPULATION :

#### 3.1. DISPOSITIF EXPERIMENTAL. MATERIEL UTILISEES:

Le dispositif expérimental compte:

1. un bécher ,400
2. un grenaille de cuivre  $M_c=6.63g$
3. un grenaille de plomb  $M_{pb}=18.51g$
4. un grenaille de aluminium  $M_{al}=5.31g$
5. un balance d'enseignement et de laboratoire 610 Tera ,610 g
6. un thermomètre numérique
7. un générateur de vapeur ,500W 200v
8. un calorimètre

#### 3.2. MONTAGE ET REALISATION :

Le montage expérimental est représenté sur la figure

1. mettez 15ml d'eau froids dans le calorimètre. On place dans ce dernier l'agitateur et un thermomètre

\_mesurer la température de l'eau ( $t_1$ )

1. remplir le générateur de vapeur avec de l'eau

\_faire tomber de la grenaille ( $m_2$ )

\_brancher générateur de vapeur au réseau et chauffer le grenaille pendant environs 20 a 25 minutes ( $t_2$ )

3. ouvrir le calorimètre et faire tember de la grenaille portée à  $t_2$  pour échantillon fermer le couvercle bien et mélanger l'eau avec le grenaille

4. relever la température de mélange lorsque la température de l'eau d'augmenter ( $t_m$ )

Remarque : on peut déterminer les masses  $m_1$  et  $m_2$  en pesant d'abord le calorimètre à vide, puis avec l'eau froide et enfin après y avoir introduit la substance. Du calcul des différences, on tire la masse  $m_1$  d'eau et la masse  $m_2$  de la substance.

### 3.3. RESULTAT : Sachant que :

Chaleur massique de l'eau  $C_e = 4185 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

$t^\circ\text{C} = (t^\circ\text{C} + 273)^\circ\text{K}$        $1\text{cal} = 4.185\text{j}$

$\mu = m_k = 0.025\text{kg}$

	$T_1$	$M_1$	$T_2$	$M_2$	$t_m$	C
Grenaille de plomb	19.5	0.015	70	0.0195	21	$c_p$
Grenaille de cuivre	18	0.015	61	0.00663	42	$c_{cu}$
Grenaille de aluminium	19	0.015	75	0.00531	26	$c_{al}$

On applique le principe d'équilibre thermique

$$Q_{\text{reçue}} = Q_{\text{cédée}}$$

$$(m_1 + m_k)c_e(t_e - t_1) = m_2 c_2(t_2 - t_e)$$

Pour le plomb

$$C_{pb} = (m_1 + m_k)c_e(t_e - t_1) / m_2(t_2 - t_e) = (0.015 + 0.025)(4185)(21 - 19.5) / (0.0195)(70 - 21)$$

$$C_{pb} = 262.79 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

	J/kg.°K	J/g.°K	cal/g.°K
$C_{pb}$	262.79	0.26	0.062

Pour le cuivre

$$C_{cu} = (m_1 + m_k)c_e(t_e - t_1) / m_2(t_2 - t_e) = (0.015 + 0.025)(4185)(23 - 18) / (0.00663)(61 - 23)$$

$$C_{cu} = 3005.81 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

	J/kg.°K	J/g.°K	cal/g.°K
$C_{cu}$	3005.81	3	0.716

Pour le aluminium

$$C_{al} = (m_1 + m_k)c_e(t_e - t_1) / m_2(t_2 - t_e) = (0.015 + 0.025)(4185)(22 - 19) / (0.00531)(75 - 22)$$

$$C_{al} = 1784.45 \text{ J/kg.}^\circ\text{K}$$

	J/kg.°K	J/g.°K	cal/g.°K
$C_{al}$	1784.45	1.784	0.426

#### 4. CONCLUSION GENERALE :

*La chaleur massique du corps est une grandeur qui dépend du matériau. Elle ne dépend pas de la température, elle s'exprime en joule par kilogramme. Degrés kelvin.*

*C peut dépendre de la température (on considérera alors sa valeur moyenné entre  $\theta_1$  et  $\theta_2$  ).*

*Les chaleurs massiques des corps solides étudiés dépendent du matériau et sont nettement inférieures à la chaleur massique De l'eau.*